

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2002年 7月29日

出 願 番 号

Application Number: 特願2002-220199

[ST.10/C]:

[JP2002-220199]

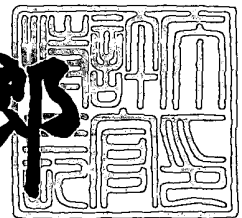
出 願 人

Applicant(s): シャープ株式会社

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3047274

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02324

【提出日】 平成14年 7月29日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11B 20/10 321
G11B 20/18
H03M 13/41
G11B 7/005

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 奥村 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 前田 茂己

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100115026

【弁理士】

【氏名又は名称】 圓谷 徹

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 信号品質評価方法、信号品質評価装置およびそれを備えた再生装置、信号品質評価プログラムおよびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価方法であって

、
上記デジタル信号に対応するビット列から特定パターンを検出する特定パターン検出ステップと、

上記特定パターン検出ステップにおいて特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算ステップと、を含むことを特徴とする信号品質評価方法。

【請求項 2】

ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価装置であって

、
上記デジタル信号に対応するビット列から特定パターンを検出する特定パターン検出手段と、

上記特定パターン検出手段によって特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算手段と、を具備することを特徴とする信号品質評価装置。

【請求項 3】

上記演算手段の演算結果に基づいて上記デジタル信号の品質を評価する評価手段を具備することを特徴とする請求項 2 に記載の信号品質評価装置。

【請求項 4】

上記デジタル信号をしきい値と比較して2値化することによって上記ビット列を生成するビット列生成手段を具備することを特徴とする請求項2または3に記載の信号品質評価装置。

【請求項5】

上記特定パターンが、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最小のパターンであることを特徴とする請求項2から4のいずれか1項に記載の信号品質評価装置。

【請求項6】

上記演算手段は、パスメトリック差の演算式が、ビタビ復号過程におけるパシカルレスポンス特性に応じて、特定パターンごとにあらかじめ設定され、かつ、上記特定パターン検出手段によって検出された特定パターンに応じて切り換え可能であることを特徴とする請求項2から5のいずれか1項に記載の信号品質評価装置。

【請求項7】

請求項2から6のいずれか1項に記載の信号品質評価装置を搭載した再生装置であって、

デジタル信号をビタビ復号するビタビ復号手段と、

上記信号品質評価装置の出力に基づいて、上記デジタル信号の品質を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする再生装置。

【請求項8】

請求項2から6のいずれか1項に記載の信号品質評価装置を動作させる信号品質評価プログラムであって、コンピュータを上記の各手段として機能させるための信号品質評価プログラム。

【請求項9】

請求項8に記載の信号品質評価プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式の信号処理に関し、さらに詳しくは、ビタビ復号されるデジタル信号の品質を評価する信号品質評価方法、信号品質評価装置およびそれを備えた再生装置、信号品質評価プログラムおよびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、画像情報や音声情報をはじめとする各種の情報がデジタル化されるにつれて、デジタル情報の量が飛躍的に増大している。これに伴い、大容量化／高密度化に適した記録媒体とその記録再生装置の開発が進められている。大容量化／高密度化に適し、かつ可搬性に優れた記録媒体としては、光ディスクが挙げられる。

【0003】

光ディスクの高密度化により、光ディスクから読み出される再生信号の品質は低下するから、再生信号の品質を保証するために、再生信号の評価が重要になってきている。再生信号の評価は、例えば、光ディスクの出荷直前での品質検査のために、あるいは、再生信号の品質が最良となるように光ディスク装置の各部を調整するために用いられる。

【0004】

従来、光ディスクの評価のためには、再生信号品質の評価値としてジッタが用いられることが多かった。しかし近年、より高密度記録を実現するためのデータ検出方式としてPRML方式が採用されつつある状況においては、時間軸方向のばらつきを示すジッタは評価値として適当ではない。また、PRMLによるデータ検出結果のビットエラーレートを評価値として用いることも行われているが、必要な測定サンプルビット数が多い点、ディスクのキズなどに起因するディフェクトの影響を受けやすい点、などの短所が多い。

【0005】

このような背景において、SAM (Sequenced Amplitude Margin) と呼ばれる再生信号品質の評価方法が提案されている (T.Perkins, "A Window Margin Lik

e Procedure for Evaluating PRML Channel Performance” ;IEEE Transactions on Magnetics, Vol.31, No2, 1995, p1109-1114)。

【 0 0 0 6 】

ここで、図 7 および図 8 を用いて、S A M の概念を説明する。例として、 $d = 1$ のランレングス制限を持つ (1, 7) R L L (Run Length Limited) 符号で記録されたビット列の再生信号を、P R (1, 2, 1) 特性に基づいて P R M L 復号する場合を説明する。

【 0 0 0 7 】

図 7 で示すように、P R (1, 2, 1) 特性に従う、歪みおよびノイズのない理想的な 1 T マークの再生波形は、チャンネルクロックごとのサンプルレベル比が 1 : 2 : 1 になる。2 T 以上のマークの再生波形については、この 1 T マークの再生波形の重ね合わせによって求められ、例えば 2 T マークなら 1 : 3 : 3 : 1 に、3 T マークなら 1 : 3 : 4 : 3 : 1 に、4 T マークなら 1 : 3 : 4 : 4 : 3 : 1 になる。こうして任意のビット列について理想的な再生波形が想定され、理想的なサンプルレベルとしては、0、1、2、3、4 の 5 レベルをとることになる。

【 0 0 0 8 】

P R M L 復号を具体的に実現する手法として、ビタビ復号を用いる。ビタビ復号においては、図 8 に示すようなトレリス線図を考える。図 8 において、S (00)、S (01)、S (10)、S (11) は状態を表し、例えば状態 S (00) は前ビットが 0 で現在ビットが 0 であったことを示す。状態と状態を結ぶ線はブランチと呼ばれ、状態遷移を表す。例えば、S (00) → S (01) のブランチによって「0 0 1」なるビット列を表すことができる。ここで、S (01) → S (10) および S (10) → S (01) なるブランチが存在しないのは、(1, 7) R L L 符号では $d = 1$ のランレングス制限により「0 1 0」、「1 0 1」なるビット列があり得ないことを反映している。

【 0 0 0 9 】

また、図 8 では、各ブランチの識別子として α から ϵ の一文字をあてており、その横に、各状態遷移において期待される理想波形レベルを付してある。P R (1, 2, 1) では、連続する 3 ビット v_0 、 v_1 、 v_2 で理想波形レベルが決まり

、その値は $v_0 + 2v_1 + v_2$ で求められる。例えば α は「000」なるビット列を表すので0、 β は「100」なるビット列を表すので1が理想レベルである。

【0010】

トレリス線図において、ブランチが連続するように各時刻の状態を1つずつ通っていく経路は「パス」と呼ばれる。任意の状態から任意の状態を経て生成される全てのパスを考えることは、全てのあり得るビット列を考えることに相当する。よって、全てのパスについて期待される理想波形と、実際に光ディスクから再生した再生波形とを比べて、再生波形に最も近い、すなわち再生波形とのユークリッド距離が最も小さい理想波形を有するパスを探索すれば、最も確からしい最尤パスを正解パスとして決定することができる。

【0011】

具体的にトレリス線図を用いたビタビ復号の手順を説明する。任意の時刻において、状態 $S(00)$ と $S(11)$ には2本のパスが、状態 $S(01)$ と $S(10)$ には1本のパスが、それぞれ合流する。2本のパスが合流する状態 $S(00)$ と $S(11)$ について、各パスの理想波形と再生波形とのユークリッド距離が小さい方を生き残りパスとして残すことにすれば、任意の時刻において、4つの各状態に至るパスが各1本ずつ、計4本のパスが残っていることになる。

【0012】

パスの理想波形と再生波形とのユークリッド距離の二乗はパスメトリックと呼ばれ、ブランチの理想サンプルレベルと再生波形のサンプルレベルの差の二乗として求められるブランチメトリックを、パスを構成する全ブランチについて累積することによって計算される。時刻 t における再生波形（PRMLの理想波形レベルに合わせて、振幅が ± 2 、中心レベルが2になるように正規化されているとする）のサンプルレベルを $X[t]$ 、ブランチ α 、 β 、 γ 、 δ 、 ϵ 、 ζ の時刻 t におけるブランチメトリックをそれぞれ $B_\alpha[t]$ 、 $B_\beta[t]$ 、 $B_\gamma[t]$ 、 $B_\delta[t]$ 、 $B_\epsilon[t]$ 、 $B_\zeta[t]$ 、時刻 t における各状態 $S(00)$ 、 $S(01)$ 、 $S(10)$ 、 $S(11)$ への生き残りパスのパスメトリックをそれぞれ $M(00)[t]$ 、 $M(01)[t]$ 、 $M(10)[t]$ 、 $M(11)[t]$ 、と記すことにすれば、ブランチメトリックは式(1)、パスメトリックは式(2)に従ってそれぞれ計算される。 $M(00)[t]$ と $M(11)[t]$ におけるパスメ

トリックが小さい方を選ぶ処理は、生き残りパスの決定に対応している。

【0013】

【数1】

$$B_{\alpha}[t] = (X[t] - 0)^2$$

$$B_{\beta}[t] = B_{\gamma}[t] = (X[t] - 1)^2$$

$$B_{\delta}[t] = B_{\varepsilon}[t] = (X[t] - 3)^2$$

$$B_{\zeta}[t] = (X[t] - 4)^2$$

... (1)

【0014】

【数2】

$$M(00)[t] = \text{Min} \{M(00)[t-1] + B_{\alpha}[t], M(10)[t-1] + B_{\beta}[t]\}$$

$$M(01)[t] = M(00)[t-1] + B_{\gamma}[t]$$

$$M(10)[t] = M(11)[t-1] + B_{\delta}[t]$$

$$M(11)[t] = \text{Min} \{M(01)[t-1] + B_{\varepsilon}[t], M(11)[t-1] + B_{\zeta}[t]\}$$

$$(\text{Min} \{m, n\} = m \text{ (if } m \leq n) : n \text{ (if } m > n)) \quad \dots (2)$$

【0015】

こうして再生波形のサンプル値が入力されるごとに生き残りパスを決定する手順を繰り返していくと、パスメトリックが大きなパスが淘汰されていくため、次第にパスは1本に収束していく。これを正解パスとすることにより、元のデータビット列が正しく再生されることになる。

【0016】

ここで、ビタビ復号が正しく行われる条件を考えると、最終的に1本に収束していくパスが正解パスとなるためには、各時刻において生き残りパスを決定する過程で、正解パスのパスメトリックが、間違いパスであるもう一方のパスのパスメトリックよりも小さくなければならない。この条件は式(3)のように表される。

【 0 0 1 7 】

【数 3】

(正解ビット列が「・・・000」の場合)

$$\Delta M = (M(10)[t-1] + B\beta[t]) - (M(00)[t-1] + B\alpha[t]) > 0$$

(正解ビット列が「・・・100」の場合)

$$\Delta M = (M(00)[t-1] + B\alpha[t]) - (M(10)[t-1] + B\beta[t]) > 0$$

(正解ビット列が「・・・011」の場合)

$$\Delta M = (M(11)[t-1] + B\zeta[t]) - (M(01)[t-1] + B\epsilon[t]) > 0$$

(正解ビット列が「・・・111」の場合)

$$\Delta M = (M(01)[t-1] + B\epsilon[t]) - (M(11)[t-1] + B\zeta[t]) > 0$$

(正解ビット列が「・・・001」または「・・・110」の場合)

生き残りパスの決定は必ず正しく行われるため、常に $\Delta M > 0$ が成り立つ
 ・・・(3)

【 0 0 1 8 】

式(3)において、 ΔM は生き残りを賭けて対決する2本のパスのパスメトリックの差であり、この差をSAMと呼ぶ。エラーが発生しないためには $SAM > 0$ である必要があり、またSAMが大きい程エラーを起こしにくいことを意味している。

【 0 0 1 9 】

図9は、実際に光ディスクに記録した(1, 7)RL符号パターンの再生信号から求めたSAMのヒストグラム(度数分布)である。この結果から分かるように、SAMヒストグラムは2つの山を持っている。これは、全再生信号に対してSAMを求める場合、ビットパターンによって正解パスと間違いパスとのユークリッド距離が異なることに起因する。

【 0 0 2 0 】

すなわち、図10に示すように、(1, 7)RL符号列から求めたノイズの全くない理想的な再生信号におけるSAMヒストグラムは、6、10、14、18、20、24、28、32、36、と離散的な複数の理想値をとる。理想値の度数が異なるのは、各理想値となるビットパターンの種類の数が異なるのに加え

、(1, 7) RLL符号列において各ビットパターンの出現頻度が異なっているためである。実際の再生信号には様々なノイズがのっているため、これらの理想値がばらつきを持ち、結果として図9のように複数の分布が重なり合った分布形状となっている。

【0021】

SAMヒストグラムにはこのような特徴があり、正規分布とは大きく異なる分布であるため、単純にこの分布から標準偏差を求めてもビットエラーレートとの相関性は小さい。そのため、特開平10-21651号公報（公開日：平成10年（1998）1月23日）では、ノイズにより $SAM < 0$ となる確率が高い、 SAM 理想値=6であるパターンのみを選び出してSAMヒストグラムを生成し、そのばらつきを示す指標として標準偏差を求めて、再生信号の品質を評価している。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の構成では、SAMを求めるために、上記のようなビタビ復号回路を実現する必要がある上に、式(3)のどの ΔM を正解ビット列に対応するSAMとするかの選択のために新たな構成も必要であり、回路が複雑になるという欠点があった。

【0023】

また、PRML機能がブラックボックス化された既存の信号処理LSIを使用して記録媒体の再生装置のシステムを設計すると、SAMを求めることができないという問題もあった。

【0024】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、パスマトリック差に基づくデジタル信号の品質評価を簡単な構成によって可能とする信号品質評価方法、信号品質評価装置およびそれを備えた再生装置を提供することにある。また、本発明の目的には、上記信号品質評価装置を実現する信号品質評価プログラム、およびこれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することも含まれる。

【 0 0 2 5 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の信号品質評価方法は、ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価方法であって、上記デジタル信号に対応するビット列から、特定パターンを検出する特定パターン検出ステップと、上記特定パターン検出ステップにおいて特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算ステップと、を含むことことを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

また、本発明の信号品質評価装置は、ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価装置であって、上記デジタル信号に対応するビット列から、特定パターンを検出する特定パターン検出手段と、上記特定パターン検出手段によって特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算手段と、を具備することを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

上記の方法および構成により、デジタル信号に特定パターンが検出された時、特定パターンが特定する正解パスと誤りパスとのパスメトリック差を演算することができる。ここで、パスメトリック差の演算式としては、特定パターンに対応した演算式のみが少なくとも設定されていればよい。また、パスメトリック差の演算は、例えば、デジタル信号に対応する複数のデジタル信号列に係数を掛けて、定数値と合算することにより行うことができる。

【 0 0 2 8 】

よって、入力されたデジタル信号から演算によって、ビタビ復号過程における正解パスと誤りパスとのパスメトリック差（SAM）を求めることができるため、パスメトリック差に基づくデジタル信号の品質評価が、簡単な構成によっ

て可能となる。また、パスメトリック差を演算のために、ビタビ復号器を用いる必要がない。それゆえ、ビタビ復号化の信号処理を施す前のデジタル信号の品質を、パスメトリック差に基づいて評価することが可能となる。

【 0 0 2 9 】

したがって、複雑なビタビ復号回路を用いることなく、パスメトリック差に基づきデジタル信号の品質を高精度に評価することが可能となる。それゆえ、PRML機能がブラックボックス化された既存の信号処理LSIを使用して光ディスク再生装置等のシステムを設計した場合でも、デジタル再生信号の評価のために別途ビタビ復号回路を追加する必要がない。

【 0 0 3 0 】

なお、デジタル信号に対応するビット列は、評価対象であるデジタル信号から生成してもよいし、光ディスクのテストトラックのようにビット列が既知である場合には、メモリ等から別途取得してもよい。

【 0 0 3 1 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記演算手段の演算結果に基づいて上記デジタル信号の品質を評価する評価手段を具備することを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

上記の構成により、さらに、演算手段の演算結果（パスメトリック差）を用いて、デジタル信号の品質を評価することが可能となる。なお、具体的な評価方法は任意に選択可能であり、例えば、標準偏差を求めてもよいし、所定のしきい値以下の度数を求めてもよい。

【 0 0 3 3 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記デジタル信号をしきい値と比較して2値化することによって上記ビット列を生成するビット列生成手段を具備することを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

上記の構成により、さらに、信号品質評価のためのビット列生成手段は、2値検出回路、すなわち、ビタビ復号器に比べて非常に単純な構成で実現できる。

【 0 0 3 5 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記特定パターンが、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最小のパターンであることを特徴としている。

【 0 0 3 6 】

上述のように、一般に、ビタビ復号過程においては、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が小さいパターンほどエラーが発生しやすい。そして、図 1 0 に示したように、パスメトリック差のヒストグラムでは、上記状態遷移数が最小のパターンの影響が支配的である。

【 0 0 3 7 】

そこで、上記の構成のように、特定パターンとして上記状態遷移数が最小のパターンを設定することにより、エラーを起こしやすいパターンのみに特化してパスメトリック差の演算および評価を行うことができる。それゆえ、評価結果に基づいて制御する場合、すべてのパターンを考慮するよりも、エラーレートをより一層低く抑えることが可能となる。

【 0 0 3 8 】

なお、特定パターンは、正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとを特定するものであれば、用途に応じて任意に選択できる。例えば、状態遷移数の小さいものから複数のパターンを選んでもよい。もちろん、状態遷移数によらずに選択することも可能である。

【 0 0 3 9 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記演算手段は、パスメトリック差の演算式が、ビタビ復号過程におけるパーシャルレスポンス特性に応じて、特定パターンごとにあらかじめ設定され、かつ、上記特定パターン検出手段によって検出された特定パターンに応じて切り換え可能であることを特徴としている。

【 0 0 4 0 】

上記の構成により、さらに、パスメトリック差の演算式は、ビタビ復号過程におけるパーシャルレスポンス特性に応じて特定パターンごとに決定できる。それゆえ、上記のように、複数の特定パターンの演算式をあらかじめ設定し、特定パターンに応じて切り換え可能とすれば、複数の特定パターンについて、同時にパ

スメリック差の演算および評価を行うことが可能となる。

【 0 0 4 1 】

また、本発明の再生装置は、上記の信号品質評価装置を搭載した再生装置であって、デジタル信号をビタビ復号するビタビ復号手段と、上記信号品質評価装置の出力に基づいて、上記デジタル信号の品質を制御する制御手段と、を具備することを特徴としている。

【 0 0 4 2 】

上記のように、信号品質評価装置は、デジタル信号の品質をビタビ復号回路を使うことなく評価できる。よって、上記再生装置は、信号品質評価装置によるデジタル信号の評価結果の出力に基づいて、デジタル信号の品質を制御することができる。具体的には、例えば光ディスク再生装置であれば、光ディスクに照射する光ビームのパワーを最適に制御できる。

【 0 0 4 3 】

また、本発明の信号品質評価プログラムは、コンピュータを上記の各手段として機能させるコンピュータ・プログラムである。

【 0 0 4 4 】

上記の構成により、コンピュータで上記信号品質評価装置の各手段を実現することによって、上記信号品質評価装置を実現することができる。したがって、上記した信号品質評価装置として、デジタル信号の品質をビタビ復号回路を使うことなく評価することが可能となる。

【 0 0 4 5 】

また、本発明の信号品質評価プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上記の各手段をコンピュータに実現させて、上記信号品質評価装置を動作させる信号品質評価プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【 0 0 4 6 】

上記の構成により、上記記録媒体から読み出された信号品質評価プログラムによって、上記信号品質評価装置をコンピュータ上に実現することができる。

【 0 0 4 7 】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態について図 1 から図 6 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0048】

本発明の信号品質評価装置（回路）は、ビタビ復号化の信号処理を施す前のデジタル再生信号の品質を、パスメトリック差に基づいて評価するものである。

【0049】

よって、上記信号品質評価装置は、ビタビ復号方式の信号再生を行う装置、あるいは、実際には信号再生を行わないがビタビ復号方式の信号再生を前提とする装置に適用可能である。すなわち、上記信号品質評価装置は、光ディスク再生装置、ハードディスク装置や磁気テープ装置等の磁気記録再生装置、通信データ受信装置などに好適に搭載できる。例えば、光ディスク再生装置に、上記信号品質評価装置を制御機能と組み合わせて搭載すれば、サーボや光学系のオフセット調整、光ビームのパワー調整などが可能となる。また、上記信号品質評価装置を単独で構成すれば、出荷時における光ディスク再生装置の上記調整や、光ディスクの品質検査などが可能となる。

【0050】

本実施の形態では、一例として、上記信号品質評価装置を搭載し、磁氣的超解像方式の光磁気ディスク（以下、「光ディスク」と記す）から再生したデジタル再生信号を信号品質評価装置によって評価した結果に基づいて、光ディスクに照射する光ビームのパワーを最適に制御する光ディスク再生装置について説明する。

【0051】

図 1 に示すように、本実施の形態に係る光ディスク再生装置（再生装置）1 は、光ピックアップ2、A/D変換器3、再生パワー制御部（制御手段）4、信号品質評価部（信号品質評価装置）10、信号再生部20を少なくとも備えて構成されている。

【0052】

光ディスク再生装置1は、光ピックアップ2が光ディスクDにレーザビームを

照射して記録マークを検出したアナログ再生信号を、A/D変換器3がA/D変換してデジタル再生信号（デジタル信号）を出力する。そして、信号再生部20が、A/D変換器3より出力されたデジタル再生信号に、PRML方式によるビタビ復号化の信号処理を施して、光ディスクDに記録されていた情報を再生出力する。

【0053】

また、光ディスク再生装置1は、信号品質評価部10がA/D変換器3より出力されたデジタル再生信号の品質を、パスメトリック差に基づいて評価し、再生パワー制御部4が信号品質評価部10の評価結果に基づいて光ディスクDに照射する光ビームのパワーを最適に制御する。

【0054】

よって、光ディスク再生装置1は、信号品質評価部10により、ビタビ復号可能なデジタル信号の品質をビタビ復号回路を使うことなく評価できる。そして、光ディスク再生装置1は、信号品質評価部10によるデジタル再生信号の評価結果の出力に基づいて、デジタル再生信号の品質を制御することができる。

【0055】

図1に示した各ブロックの詳細は以下のとおりである。

【0056】

光学ピックアップ2は、図示しない半導体レーザや各種光学部品、フォトダイオード等からなり、半導体レーザから出射したレーザビームを光ディスクD上に記録された記録マークで反射させ、反射光をフォトダイオードで電気信号に変換してアナログ再生波形を出力する。このアナログ再生波形は、次段のA/D変換器3の入力レンジ以内となるように振幅が調整されて出力される。

【0057】

A/D変換器3は、光ピックアップ2からの再生波形（以下、「アナログ再生信号」と記すことがある）に対してチャンネル周波数クロックのタイミングでA/D変換を行いデジタル再生信号を出力する。このデジタル再生信号は、信号再生部20とともに、信号品質評価部10へも入力される。なお、A/D変換器3の直後に波形等化器を設けて、A/D変換器3で量子化後、波形等化器で等化

したデジタル再生信号を、信号再生部 2 0 および信号品質評価部 1 0 へ入力してもよい。あるいは、ビタビ復号器 2 2 が波形等化器とともに P R M L 回路に組み込まれている場合、すなわち、信号再生部 2 0 において P R M L 方式による波形等化およびビタビ復号を行う信号処理 L S I を利用する場合、同一特性の波形等化器を信号品質評価部 1 0 の先頭に設けて、A / D 変換器 3 より入力され、波形等化器で等化したデジタル再生信号を、ビット列復号回路 1 1 および演算回路 1 3 へ入力してもよい。

【 0 0 5 8 】

ここで、パースシャルレスポンス特性（P R 特性）を P R （ 1 ， 2 ， 1 ）とする。また、アナログ再生波形のエンベロープが 0 から 4 （振幅 ± 2 、中心レベル 2 ）となるように調整されている。よって、P R （ 1 ， 2 ， 1 ）で想定する理想波形レベルは、0、1、2、3、4 の 5 レベルとなる。なお、光ディスク D には、（ 1 ， 7 ） R L L （Run Length Limited）符号のような $d = 1$ なるランレングス制限符号、すなわち最短マーク長が 2 T （T はチャネルビット時間）であるような変調方式にて記録マーク列が記録されているとする。

【 0 0 5 9 】

信号再生部 2 0 は、ビタビ復号器（ビタビ復号手段） 2 2 、誤り訂正器 2 3 、コントローラ 2 4 を備えている。

【 0 0 6 0 】

ビタビ復号器 2 2 は、等化された信号を P R M L 方式のビタビ復号により復号する。誤り訂正器 2 3 は、復号された信号に誤り訂正を施した後、コントローラ 2 4 に出力する。

【 0 0 6 1 】

再生パワー制御部 4 は、信号品質評価部 1 0 の評価回路 1 4 からデジタル再生信号の評価結果が入力され、これに基づいて光ピックアップ 2 の半導体レーザ駆動電流を制御する。具体的には、例えば、駆動電流を少しずつ変化させながら信号品質を評価し、信号品質が一番良好となる時の駆動電流を最適とする。

【 0 0 6 2 】

これにより、現在の再生パワーを最適再生パワー（データの再生に十分な再生

信号の出力が得られるとともに、できるだけ混入（雑音）信号を小さくする範囲に検出口の大きさが保たれるように制御されたレーザビームの再生パワー）に近づけるように、再生パワーの制御を行うことができる。なお、検出口とは、磁気的超解像方式の光ディスクDにおいて、レーザビーム照射領域内で所定の温度以上に上昇する部分である。

【 0 0 6 3 】

信号品質評価部 1 0 は、ビット列復号回路（ビット列生成手段） 1 1、特定パターン検出回路（特定パターン検出手段） 1 2、演算回路（演算手段） 1 3、評価回路（評価手段） 1 4 を備えている。

【 0 0 6 4 】

ビット列復号回路 1 1 は、A/D変換器 3 より出力されたデジタル再生信号から、元のビット列を復元する。ここで、ビット列復号回路 1 1 は、例えばしきい値との比較によりデジタル再生信号を 2 値化する 2 値検出回路によって実現できる。すなわち、ビット列復号回路 1 1 は、ビタビ復号器 2 2 に比べて非常に単純な構成である。

【 0 0 6 5 】

ここで、特定パターンを検出するためのビット復号が P R M L でなく 2 値検出方式でよい理由を説明する。2 値検出方式で復号したビット列は、P R M L で復号したビット列よりもエラーレートが悪い（復号ビット列が正解ビット列と一致しない場合が多い）。しかし、通常の評価対象の 2 値検出でのビットエラーレートは、悪くても百～千ビットで数ビットのエラーが発生する程度であり、求められる S A M はヒストグラムとして統計的に処理されるため、復号エラーによる、結果として得られる信号品質評価値への影響はほとんどないといえる。

【 0 0 6 6 】

特定パターン検出回路 1 2 は、ビット列復号回路 1 1 によって復号されたビット列が、特定パターン「0 0 1 1 1」、「0 0 0 1 1」、「1 1 0 0 0」、「1 1 1 0 0」のいずれかと一致するか否かを判定する。

【 0 0 6 7 】

演算回路 1 3 は、2 個の時間 T の遅延素子 1 5 1、3 個のゲイン可変の増幅器

1 5 2 (ゲインは各々 $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 $p(2)$)、定数値 q を記憶するレジスタ 1 5 3、加算器 1 5 4 とから構成されている。そして、演算回路 1 3 は、A/D変換器 3 から入力されたデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ に基づいて、 $p(0)x(0) + p(1)x(1) + p(2)x(2) + q$ を計算して出力する。ここで、図 2 に示すように、演算回路 1 3 において演算に使用するデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ は、特定パターン検出回路 1 2 にて判定された連続する 5 ビットのうちの中央の 3 ビットに対応する。

【 0 0 6 8 】

ここで、 $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 $p(2)$ 、 q は、特定パターン検出回路 1 2 の検出結果に対応して設定される。すなわち、パターン「0 0 1 1 1」または「1 1 1 0 0」が検出された時には、 $p(0) = p(2) = 2$ 、 $p(1) = 4$ 、 $q = -16$ が設定され、パターン「0 0 0 1 1」または「1 1 0 0 0」が検出された時には、 $p(0) = p(2) = -2$ 、 $p(1) = -4$ 、 $q = 16$ が設定される。

【 0 0 6 9 】

このように、演算回路 1 3 は、特定パターン検出回路 1 2 によって特定パターンが検出された時、特定パターンが特定する正解パスと、正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、デジタル再生信号に基づいて演算する。また、演算回路 1 3 は、パスメトリック差の演算式が、ビタビ復号過程におけるパーシャルレスポンス特性に応じて、特定パターンごとにあらかじめ設定され、かつ、特定パターン検出回路 1 2 によって検出された特定パターンに応じて切り換え可能である。

【 0 0 7 0 】

評価回路 1 4 は、演算回路 1 3 の演算結果の出力の標準偏差を求めて、デジタル再生信号の品質を評価する。具体的には、この標準偏差が小さいほど信号品質が良いと判断する。なお、演算回路 1 3 の演算結果の利用方法は、信号品質評価部 1 0 あるいは信号品質評価部 1 0 を搭載した光ディスク再生装置 1 などの装置（システム）の仕様に依拠して選択できる。

【 0 0 7 1 】

つづいて、デジタル再生信号の品質評価および再生パワー制御の動作について説明する。

【 0 0 7 2 】

まず、光学ピックアップ 2 から光ディスク D 上に光ビームが照射されて、中心レベル 2、振幅 ± 2 に調整されたアナログ再生波形が出力される。このアナログ再生波形は、A/D 変換器 3 にてデジタル再生信号列 $x(i)$ ($i = \dots, -1, 0, 1, \dots$) に変換される。

【 0 0 7 3 】

このデジタル再生信号列 $x(i)$ は、ビット列復号回路 1 1 に入力されて元のビット列が復元される。そして、特定パターン検出回路 1 2 にて、連続する 5 ビットの復号ビット列が「0 0 1 1 1」、「0 0 0 1 1」、「1 1 0 0 0」、「1 1 1 0 0」のいずれかと一致するか否かが判定される。

【 0 0 7 4 】

一方、デジタル再生信号 $x(i)$ は、演算回路 1 3 にも入力されて、特定パターン検出回路 1 2 が上記 4 パターンのいずれかを検出した時のみ、 $p(0)x(0) + p(1)x(1) + p(2)x(2) + q$ なる演算が行われる。上述のように、 $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 $p(2)$ 、 q は、特定パターン検出回路 1 2 の検出結果に対応して設定される。

【 0 0 7 5 】

例えば、特定パターン検出回路 1 2 にてパターン「1 1 1 0 0」が検出されて、その時のデジタル再生信号列として $x(0) = 4.2$ 、 $x(1) = 2.9$ 、 $x(2) = 0.8$ であったとすると、演算回路 1 3 では、演算式が $2 \times 4.2 + 4 \times 2.9 + 2 \times 0.8 - 16 = 5.6$ と計算される。

【 0 0 7 6 】

そして、評価回路 1 4 が、上記 4 種類のパターンが検出されるごとに入力される演算値の標準偏差を求める。この標準偏差が小さいほど、デジタル再生信号の品質が良いと判断される。最後に、再生パワー制御部 4 が、評価回路 1 4 の出力に基づき、光ディスクに照射する光ビームのパワーを制御することにより、ビデオ復号器 2 2 での復号に適したデジタル再生信号となるように最適に制御す

る。

【0077】

ここで、信号品質評価部10によって、デジタル再生信号の品質を評価することができる理由について、詳細に説明する。

【0078】

既に説明したように、SAMヒストグラムは正規分布と形状が大きく異なる分布であるが、ノイズにより $SAM < 0$ （すなわちエラービット発生）となる確率が高い、SAM理想値=6であるパターンのみを選び出してSAMヒストグラムを生成することによって、再生信号の品質を評価することができる。SAM理想値=6となるパターンは、トレリス線図において誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最も少ない「00111」「11000」「00011」「11100」の4種類のパターンである。

【0079】

図3は、パターン「00111」に対応するトレリス線図を示しており、正解パス「 $S(00) \rightarrow S(01) \rightarrow S(11) \rightarrow S(11)$ 」に対して、最後の状態 $S(11)$ で合流する最も状態遷移数の少ない誤りパスが「 $S(00) \rightarrow S(00) \rightarrow S(01) \rightarrow S(11)$ 」であることが分かる。すなわち、特定パターンによって、正解パスとこれに対応する誤りパスとを特定できる。このとき、それぞれのパスの理想波形値は、正解パスが順に1、3、4、誤りパスが順に0、1、3、である。SAM（パスメトリック差）は誤りパスのパスメトリックから正解パスのパスメトリックを減算すれば求められるため、これらに対応するデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ から、次式のように求めることができる。

【0080】

【数4】

$$\begin{aligned}
 SAM &= [\{x(0) - 0\}^2 + \{x(1) - 1\}^2 + \{x(2) - 3\}^2] \\
 &\quad - [\{x(0) - 1\}^2 + \{x(1) - 3\}^2 + \{x(2) - 4\}^2] \\
 &= 2x(0) + 4x(1) + 2x(2) - 16 \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

【0081】

同様に、他のパターンについても計算することができる。結局、パターン「00111」「11100」の場合は、 $SAM = 2 \times (0) + 4 \times (1) + 2 \times (2) - 16$ 、パターン「00011」「11000」の場合は、 $SAM = -2 \times (0) - 4 \times (1) - 2 \times (2) + 16$ となる。

【0082】

図4は、実際の光ディスク再生信号から演算回路13の出力を求め、ヒストグラムにしたグラフ（実線）である。比較のため、すべてのパターンについて定義に従って求めたSAMヒストグラム（破線）も示している。このグラフから、演算回路13の演算によってSAM理想値=6のパターンに対応するSAMが求められていることが分かる。そして、このヒストグラム形状は正規分布に近似できるため、演算回路13の演算結果は分布の広がりを示す標準偏差により評価することができる。

【0083】

ここで、演算回路13の増幅器152…のゲインゲイン $p(0), \dots, p(n)$ とレジスタ153の定数値 q の決め方を、パーシャルレスポンス特性（インパルス応答特性）ごとに具体的に説明する。なお以下では、 $PR(a, b, a)$ 、 $PR(a, a)$ 、 $PR(a, b, b, a)$ について説明するが、他のパーシャルレスポンス特性についても同様に決めることができる。

【0084】

(1) PRMLが想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, a) で、理想波形の中心が c の場合

パターン「00111」に対して、PRMLが想定する理想波形値は、正解パスでは、順に $-b/2+c$ 、 $b/2+c$ 、 $a+b/2+c$ 、誤りパスでは、順に $-a-b/2+c$ 、 $-b/2+c$ 、 $b/2+c$ 、である。よって、対応するデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ から、

【0085】

【数 5】

$$\begin{aligned}
 SAM &= [\{x(0) + a + b/2 - c\}^2 + \{x(1) + b/2 - c\}^2 + \{x(2) - b/2 - c\}^2] \\
 &\quad - [\{x(0) + b/2 - c\}^2 + \{x(1) - b/2 - c\}^2 + \{x(2) - a - b/2 - c\}^2] \\
 &= 2 \{ax(0) + bx(1) + ax(2)\} - 2c(2a + b) \quad \dots (5)
 \end{aligned}$$

【0086】

と計算できる。すなわち、演算回路 13 の増幅器 152…は 3 つ必要であり、 $p(0) = p(2) = 2a$ 、 $p(1) = 2b$ 、 $q = -2c(2a + b)$ 、と求まる。また、他のパターンについても同様に計算できる。

【0087】

結局、PRML が想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, a) で、理想波形の中心が c の場合、

【0088】

【数 6】

(特定パターンが「00111」「11100」の場合)

$$\begin{aligned}
 SAM &= 2 \{ax(0) + bx(1) + ax(2)\} - 2c(2a + b) \\
 \therefore p(0) &= p(2) = 2a, \quad p(1) = 2b, \quad q = -2c(2a + b)
 \end{aligned}$$

(特定パターンが「00011」「11000」の場合)

$$\begin{aligned}
 SAM &= -2 \{ax(0) + bx(1) + ax(2)\} + 2c(2a + b) \\
 \therefore p(0) &= p(2) = -2a, \quad p(1) = -2b, \quad q = 2c(2a + b) \\
 &\quad \dots (6)
 \end{aligned}$$

【0089】

となる。よって、上式 (6) のように、演算回路 13 の 3 つの増幅器 152…のゲイン $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 $p(2)$ とレジスタ 153 の値 q を設定すればよい。

【0090】

(2) PRML が想定する孤立マークのインパルス応答が (a, a) で、理想波形の中心が c の場合

ここでは、再生信号の変調方式が d 制約を持たない (ランレングス制限符号でない) 場合を考える。PR (a, a) のように波形干渉幅が $2T$ であるような P

RMLの場合、トレリス線図は、 $S(0)$ と $S(1)$ の2状態となり、SAM理想値が最小となるパターンは、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最も少ない「000」「001」「010」「011」「100」「101」「110」「111」の8種類のパターンである。

【0091】

例えば、図5に示すように、パターン「000」に対応する正解パスは「 $S(0) \rightarrow S(0) \rightarrow S(0)$ 」であり、誤りパスは「 $S(0) \rightarrow S(1) \rightarrow S(0)$ 」である。このそれぞれのパスの理想波形値は、正解パスでは、順に $-a+c$ 、 $-a+c$ 、誤りパスでは、順に c 、 c である。よって、対応するデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ から、上記と同様に、

【0092】

【数7】

$$\begin{aligned} \text{SAM} &= [\{x(0)-c\}^2 + \{x(1)-c\}^2] \\ &\quad - [\{x(0)+a-c\}^2 + \{x(1)+a-c\}^2] \\ &= -2\{ax(0)+ax(1)\} - 2a^2 + 4ac \quad \dots (7) \end{aligned}$$

【0093】

と計算できる。すなわち、演算回路13の増幅器152…は2つでよく、 $p(0) = p(1) = -2a$ 、 $q = -2a^2 + 4ac$ 、と求まる。また、他のパターンについても同様に計算できる。

【0094】

結局、PRMLが想定する孤立マークのインパルス応答が (a, a) で、理想波形の中心が c の場合、いずれのパターンでも $p(0) = p(1)$ であり、

【0095】

【数 8】

(特定パターンが「000」の場合)

$$p(0) = p(1) = -2a, \quad q = -2a^2 + 4ac$$

(特定パターンが「001」「100」の場合)

$$p(0) = p(1) = -2a, \quad q = 4ac$$

(特定パターンが「010」の場合)

$$p(0) = p(1) = 2a, \quad q = 2a^2 - 4ac$$

(特定パターンが「011」「110」の場合)

$$p(0) = p(1) = 2a, \quad q = -4ac$$

(特定パターンが「101」の場合)

$$p(0) = p(1) = -2a, \quad q = 2a^2 + 4ac$$

(特定パターンが「111」の場合)

$$p(0) = p(1) = 2a, \quad q = -2a^2 - 4ac$$

・・・(8)

【0096】

となる。よって、上式(8)のように、演算回路13の2つの増幅器152・152のゲイン $p(0)$ 、 $p(1)$ とレジスタ153の値 q を設定すればよい。

【0097】

(3) PRMLが想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, b, a) で、理想波形の中心が c の場合

ここでは、再生信号の変調方式が $d=1$ 制約を持つランレングス制限符号である場合を考える。 $PR(a, b, b, a)$ のように波形干渉幅が $4T$ であるようなPRMLの場合、トレリス線図は、 $S(000)$ 、 $S(001)$ 、 $S(011)$ 、 $S(100)$ 、 $S(110)$ 、 $S(111)$ の6状態となり($d=1$ 制約のために $S(010)$ と $S(101)$ がないことに注意)、SAM理想値が最小となるパターンは、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最も少ない「0000110」「0110000」「000111」「0110001」「1000110」「1110000」「001110」「0111000」「0001111」「0111001」「1001110」「1111000」「1000111」「1110001」「1001111」「1111001」の16種類のパターンである。

【0098】

例えば、図6に示すように、パターン「0000110」に対応する正解パスは「S(000)→S(000)→S(001)→S(011)→S(110)」であり、誤りパスは「S(000)→S(001)→S(011)→S(111)→S(110)」である。このそれぞれのパスの理想波形値は、正解パスでは、順に $-a-b+c$ 、 $-b+c$ 、 c 、 $-a+b+c$ 、誤りパスでは、順に $-b+c$ 、 c 、 $b+c$ 、 $b+c$ 、である。よって、対応するデジタル再生信号列 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ 、 $x(3)$ から、上記と同様に、

【0099】

【数9】

$$\begin{aligned}
 SAM &= [\{x(0)+b-c\}^2 + \{x(1)-c\}^2 + \{x(2)-b-c\}^2 + \{x(3)-b-c\}^2] \\
 &\quad - [\{x(0)+a+b-c\}^2 + \{x(1)+b-c\}^2 + \{x(2)-c\}^2 + \{x(3)+a-b-c\}^2] \\
 &= -2 \{ax(0) + bx(1) + bx(2) + ax(3)\} - 2a^2 + 4c(a+b) \dots (9)
 \end{aligned}$$

【0100】

と計算できる。すなわち、演算回路13の増幅器152…は4つ必要であり、 $p(0) = p(3) = -2a$ 、 $p(1) = p(2) = -2b$ 、 $q = -2a^2 + 4c(a+b)$ 、と求まる。また、他のパターンについても同様に計算できる。

【0101】

結局、PRMLが想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, b, a) で、理想波形の中心が c の場合、いずれのパターンでも $p(0) = p(3)$ 、 $p(1) = p(2)$ であり、

【0102】

【数 10】

(特定パターンが「0000110」「0110000」の場合)

$$p(0)=p(3)=-2a, \quad p(1)=p(2)=-2b, \quad q=-2a^2+4c(a+b)$$

(特定パターンが「0000111」「0110001」「1000110」

「1110000」の場合)

$$p(0)=p(3)=-2a, \quad p(1)=p(2)=-2b, \quad q=4c(a+b)$$

(特定パターンが「0001110」「0111000」の場合)

$$p(0)=p(3)=2a, \quad p(1)=p(2)=2b, \quad q=2a^2-4c(a+b)$$

(特定パターンが「0001111」「0111001」「1001110」

「1111000」の場合)

$$p(0)=p(3)=2a, \quad p(1)=p(2)=2b, \quad q=-4c(a+b)$$

(特定パターンが「1000111」「1110001」の場合)

$$p(0)=p(3)=-2a, \quad p(1)=p(2)=-2b, \quad q=2a^2+4c(a+b)$$

(特定パターンが「1001111」「1111001」の場合)

$$p(0)=p(3)=2a, \quad p(1)=p(2)=2b, \quad q=-2a^2-4c(a+b)$$

... (10)

【0103】

となる。よって、上式 (10) のように、演算回路 13 の 4 つの増幅器 152... のゲイン $p(0)$, $p(1)$, $p(2)$, $p(3)$ とレジスタ 153 の値 q を設定すればよい。

【0104】

以上のように、上記信号品質評価部 10 によれば、入力されたデジタル信号から演算によって SAM を求めることができるため、ビタビ復号回路を用いることなく、極めて簡単な構成によって、SAM に基づいた高精度な信号品質の評価を実現することが可能となる。それゆえ、PRML 機能がブラックボックス化された既存の信号処理 LSI を使用して光ディスク再生装置 1 等のシステムを設計した場合でも、評価のために別途ビタビ復号回路を追加する必要がない。

【0105】

なお、上記評価回路 14 では、SAM ヒストグラムの評価方法として標準偏差を用いたが、本発明の主旨は SAM 理想値が最小であるパターンの再生信号につ

いてSAMを簡易的に求めることにあるため、評価方法としてはこれに限らないことはもちろんである。例えば、所定のしきい値以下のSAMの度数に基づいて再生信号の品質を判定する構成としてもよい。

【0106】

また、上記信号品質評価部10では、エラーレートの評価を想定して、ノイズにより $SAM < 0$ （すなわちエラービット発生）となる確率が高い、SAM理想値が最小となるパターンについてのみSAMを求める構成となっている。しかし、用途に応じて、それ以外の理想値を持つSAMを求めることも可能である。その場合、その理想値となるパターンを調べて、上記と同様の手順により演算回路13の増幅器152…のゲインpとレジスタ153の値qに設定すべき値を導出すればよい。

【0107】

また、上記信号品質評価部10においては、ビット列復号回路11により再生されたビット列から特定パターンを検出する構成を示したが、既知の参照ビット列が記録されたテストトラックが光ディスクDに設けられているような場合を想定すれば、ビット列復号回路11の代わりに参照ビット列を記憶するメモリ手段を備えた構成にすることもできる。この場合、特定パターン検出回路12は、ビット列復号回路11の出力ではなく、参照ビット列が記憶されたメモリ手段を参照することによって、特定パターンを検出すればよい。

【0108】

また、本実施の形態では、説明の簡素化のために、PR(1, 2, 1)特性の理想波形レベルとして0、1、2、3、4を想定したため、アナログ再生波形のエンベロープが0から4（振幅±2、中心レベル2）となるように調整されたとして説明したが、実際にはA/D変換器3が出力する数値の範囲によってデジタル再生信号の理想波形レベルを決め、それに対応してアナログ再生波形の振幅と中心レベルを決める場合が多い。例えば、8ビットのA/D変換器であったとすれば、その出力数値範囲が0～255であるため、上下に多少の余裕を持たせて、理想波形の中心を120、振幅を±100とする。もちろん、演算回路13は、理想波形レベルに応じて、増幅器152のゲインpやレジスタ153の値q

を設定できる。

【 0 1 0 9 】

なお、本実施の形態は本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲内で種々の変更が可能であり、例えば、以下のように構成することができる。

【 0 1 1 0 】

本発明の信号処理装置は、入力された複数のデジタル信号に係数を掛けて、定数値と合算する演算手段と、演算手段の出力に基づいて、デジタル信号の品質を評価する評価手段とを備えて構成されていてもよい。

【 0 1 1 1 】

さらに、上記信号処理装置は、前記演算手段が、連続する n 個のデジタル信号 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 \dots 、 $x(n-1)$ に、係数 $p(0)$ 、 $p(1)$ 、 \dots 、 $p(n-1)$ を掛けて、定数値 q を合算した $p(0)x(0) + p(1)x(1) + \dots + p(n-1)x(n-1) + q$ を求めるものであってもよい。

【 0 1 1 2 】

さらに、上記信号処理装置は、前記デジタル信号を復号して復号ビット列を求める復号手段と、復号ビット列から特定パターンを検出するパターン検出手段とを備え、前記演算手段が、パターン検出手段が検出した特定パターンに応じて、係数と定数値とを決定するものであってもよい。

【 0 1 1 3 】

さらに、上記信号処理装置は、前記デジタル信号が既知の参照ビット列の再生信号であり、参照ビット列を記憶するメモリ手段と、参照ビット列から特定パターンを検出するパターン検出手段とを備え、前記演算手段が、パターン検出手段が検出した特定パターンに応じて、係数と定数値とを決定するものであってもよい。

【 0 1 1 4 】

さらに、上記信号処理装置は、前記評価手段は、想定する孤立マークのインパルス応答が (a, a) で、理想波形の中心が c である時、 $n=2$ 、 $p(0)=p(1)$ であり、前記演算手段は、前記パターン検出手段が検出した特定パターンが「000」であれば $p(0)=-2a$ 、 $q=-2a^2+4ac$ 、「001」ま

たは「100」であれば $p(0) = -2a$ 、 $q = 4ac$ 、「010」であれば $p(0) = 2a$ 、 $q = 2a^2 - 4ac$ 、「011」または「110」であれば $p(0) = 2a$ 、 $q = -4ac$ 、「101」であれば $p(0) = -2a$ 、 $q = 2a^2 + 4ac$ 、「111」であれば $p(0) = 2a$ 、 $q = -2a^2 - 4ac$ 、と設定するように構成されていてもよい。

【0115】

また、上記信号処理装置は、前記デジタル信号の元ビット列の変調方式が $d = 1$ なるランレングス制限符号であり、前記評価手段が想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, a) で、理想波形の中心が c である時、 $n = 3$ 、 $p(0) = p(2)$ であり、前記演算手段は、前記パターン検出手段が検出した特定パターンが「00011」または「11000」であれば $p(0) = -2a$ 、 $p(1) = -2b$ 、 $q = 2c(2a + b)$ 、「00111」または「11100」であれば $p(0) = 2a$ 、 $p(1) = 2b$ 、 $q = -2c(2a + b)$ 、と設定するように構成されていてもよい。

【0116】

また、上記信号処理装置は、前記デジタル信号の元ビット列の変調方式が $d = 1$ なるランレングス制限符号であり、前記評価手段が想定する孤立マークのインパルス応答が (a, b, b, a) で、理想波形の中心が c である時、 $n = 4$ 、 $p(0) = p(3)$ 、 $p(1) = p(2)$ 、であり、前記演算手段は、前記パターン検出手段が検出した特定パターンが「0000110」または「0110000」であれば $p(0) = -2a$ 、 $p(1) = -2b$ 、 $q = -2a^2 + 4c(a + b)$ 、「0000111」または「0110001」または「1000110」または「1110000」であれば $p(0) = -2a$ 、 $p(1) = -2b$ 、 $q = 4c(a + b)$ 、「0001110」または「0111000」であれば $p(0) = 2a$ 、 $p(1) = 2b$ 、 $q = 2a^2 - 4c(a + b)$ 、「0001111」または「0111001」または「1001110」または「1111000」であれば $p(0) = 2a$ 、 $p(1) = 2b$ 、 $q = -4c(a + b)$ 、「1000111」または「1110001」であれば $p(0) = -2a$ 、 $p(1) = -2b$ 、 $q = 2a^2 + 4c(a + b)$ 、「1001111」または「1111000

1」であれば $p(0) = 2a$ 、 $p(1) = 2b$ 、 $q = -2a^2 - 4c(a+b)$ 、と設定するように構成されていてもよい。

【0117】

本発明の信号処理方法は、入力された複数のデジタル信号に係数を掛けて、定数値と合算した演算値に基づいて、デジタル信号の品質を評価する方法であってもよい。

【0118】

最後に、信号品質評価部10の各ブロックは、ハードウェアロジックによって構成してもよいし、次のようにCPUを用いてソフトウェアによって実現してもよい。

【0119】

すなわち、信号品質評価部10（あるいは光ディスク再生装置1）は、信号品質評価部10の各機能を実現する信号品質評価プログラムの命令を実行するCPU（central processing unit）、上記プログラムを格納したROM（read only memory）、上記プログラムを展開するRAM（random access memory）、上記プログラムおよび各種データを格納するメモリ等の記憶装置（記録媒体）などを備えている。そして、本発明の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアである信号品質評価プログラムのプログラムコード（実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム）をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記光ディスク再生装置1に供給し、そのコンピュータ（またはCPUやMPU）が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。この場合、記録媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した機能を実現することになり、そのプログラムコードを記録した記録媒体は本発明を構成することになる。

【0120】

このように本明細書において、手段とは必ずしも物理的手段を意味するものではなく、各手段の機能がソフトウェアによって実現される場合も包含する。さらに、一つの手段の機能が、二つ以上の物理的手段により実現されても、もしくは、二つ以上の手段の機能が、一つの物理的手段により実現されてもよい。

【 0 1 2 1 】

【 発 明 の 効 果 】

以上のように、本発明の信号品質評価方法は、ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価方法であって、上記デジタル信号に対応するビット列から、特定パターンを検出する特定パターン検出ステップと、上記特定パターン検出ステップにおいて特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算ステップと、を含む方法である。

【 0 1 2 2 】

また、本発明の信号品質評価装置は、ビタビ復号可能なデジタル信号の品質を評価する信号品質評価装置であって、上記デジタル信号に対応するビット列から、特定パターンを検出する特定パターン検出手段と、上記特定パターン検出手段によって特定パターンが検出された時、当該特定パターンが特定する正解パスと、当該正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、上記デジタル信号に基づいて演算する演算手段と、を具備する構成である。

【 0 1 2 3 】

それゆえ、入力されたデジタル信号から演算によって、ビタビ復号過程における正解パスと誤りパスとのパスメトリック差（SAM）を求めることができるため、パスメトリック差に基づくデジタル信号の品質評価が、簡単な構成によって可能となる。また、パスメトリック差を演算のために、ビタビ復号器を用いる必要がない。それゆえ、ビタビ復号化の信号処理を施す前のデジタル信号の品質を、パスメトリック差に基づいて評価することが可能となる。

【 0 1 2 4 】

したがって、複雑なビタビ復号回路を用いることなく、パスメトリック差に基づきデジタル信号の品質を高精度に評価することが可能となるという効果を奏する。それゆえ、PRML機能がブラックボックス化された既存の信号処理LS

I を使用して光ディスク再生装置等のシステムを設計した場合でも、デジタル再生信号の評価のために別途ビタビ復号回路を追加する必要がないという効果を奏する。

【 0 1 2 5 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記演算手段の演算結果に基づいて上記デジタル信号の品質を評価する評価手段を具備する構成である。

【 0 1 2 6 】

それゆえ、さらに、演算手段の演算結果（パスメトリック差）を用いて、デジタル信号の品質を評価することが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 2 7 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記デジタル信号をしきい値と比較して2値化することによって上記ビット列を生成するビット列生成手段を具備する構成である。

【 0 1 2 8 】

それゆえ、さらに、信号品質評価のためのビット列生成手段は、2値検出回路、すなわち、ビタビ復号器に比べて非常に単純な構成で実現できる。

【 0 1 2 9 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記特定パターンが、誤りパスが正解パスに合流するまでの状態遷移数が最小のパターンである。

【 0 1 3 0 】

それゆえ、さらに、特定パターンとして上記状態遷移数が最小のパターンを設定することにより、エラーを起こしやすいパターンのみに特化してパスメトリック差の演算および評価を行うことができる。したがって、評価結果に基づいて制御する場合、すべてのパターンを考慮するよりも、エラーレートをより一層低く抑えることが可能となる。

【 0 1 3 1 】

さらに、本発明の信号品質評価装置は、上記演算手段は、パスメトリック差の演算式が、ビタビ復号過程におけるパーシャルレスポンス特性に応じて、特定パターンごとにあらかじめ設定され、かつ、上記特定パターン検出手段によって検

出された特定パターンに応じて切り換え可能である構成である。

【 0 1 3 2 】

それゆえ、さらに、複数の特定パターンの演算式をあらかじめ設定し、特定パターンに応じて切り換え可能とすれば、複数の特定パターンについて、同時にパストリック差の演算および評価を行うことが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 3 3 】

また、本発明の再生装置は、上記の信号品質評価装置を搭載した再生装置であって、デジタル信号をビタビ復号するビタビ復号手段と、上記信号品質評価装置の出力に基づいて、上記デジタル信号の品質を制御する制御手段と、を具備する構成である。

【 0 1 3 4 】

それゆえ、上記再生装置は、信号品質評価装置によるデジタル信号の評価結果の出力に基づいて、デジタル信号の品質を制御することができるという効果を奏する。

【 0 1 3 5 】

また、本発明の信号品質評価プログラムは、コンピュータを上記の各手段として機能させるコンピュータ・プログラムである。

【 0 1 3 6 】

それゆえ、上記した信号品質評価装置として、デジタル信号の品質をビタビ復号回路を使うことなく評価することが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 3 7 】

また、本発明の信号品質評価プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上記の各手段をコンピュータに実現させて、上記信号品質評価装置を動作させる信号品質評価プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【 0 1 3 8 】

それゆえ、上記記録媒体から読み出された信号品質評価プログラムによって、上記信号品質評価装置をコンピュータ上に実現することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る光ディスク再生装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図 2】

図 1 に示した光ディスク再生装置の信号品質評価部における特定パターンとデジタル再生信号列との対応関係を示す模式図である。

【図 3】

パターン「0 0 1 1 1」に対応する P R (1 , 2 , 1) 特性のトレリス線図である。

【図 4】

図 1 に示した光ディスク再生装置による実際の再生信号から求めた S A M ヒストグラムのグラフである。

【図 5】

正解パス「0 0 0」に対応する P R (a , a) 特性のトレリス線図である。

【図 6】

正解パス「0 0 0 0 1 1 0」に対応する P R (a , b , b , a) 特性のトレリス線図である。

【図 7】

再生信号波形と、P R (1 , 2 , 1) 特性で想定する理想波形との関係を示す模式図である。

【図 8】

P R (1 , 2 , 1) 特性のトレリス線図である。

【図 9】

実際の再生波形から求めた S A M ヒストグラムのグラフである。

【図 1 0】

理想波形から求めた S A M ヒストグラムのグラフである。

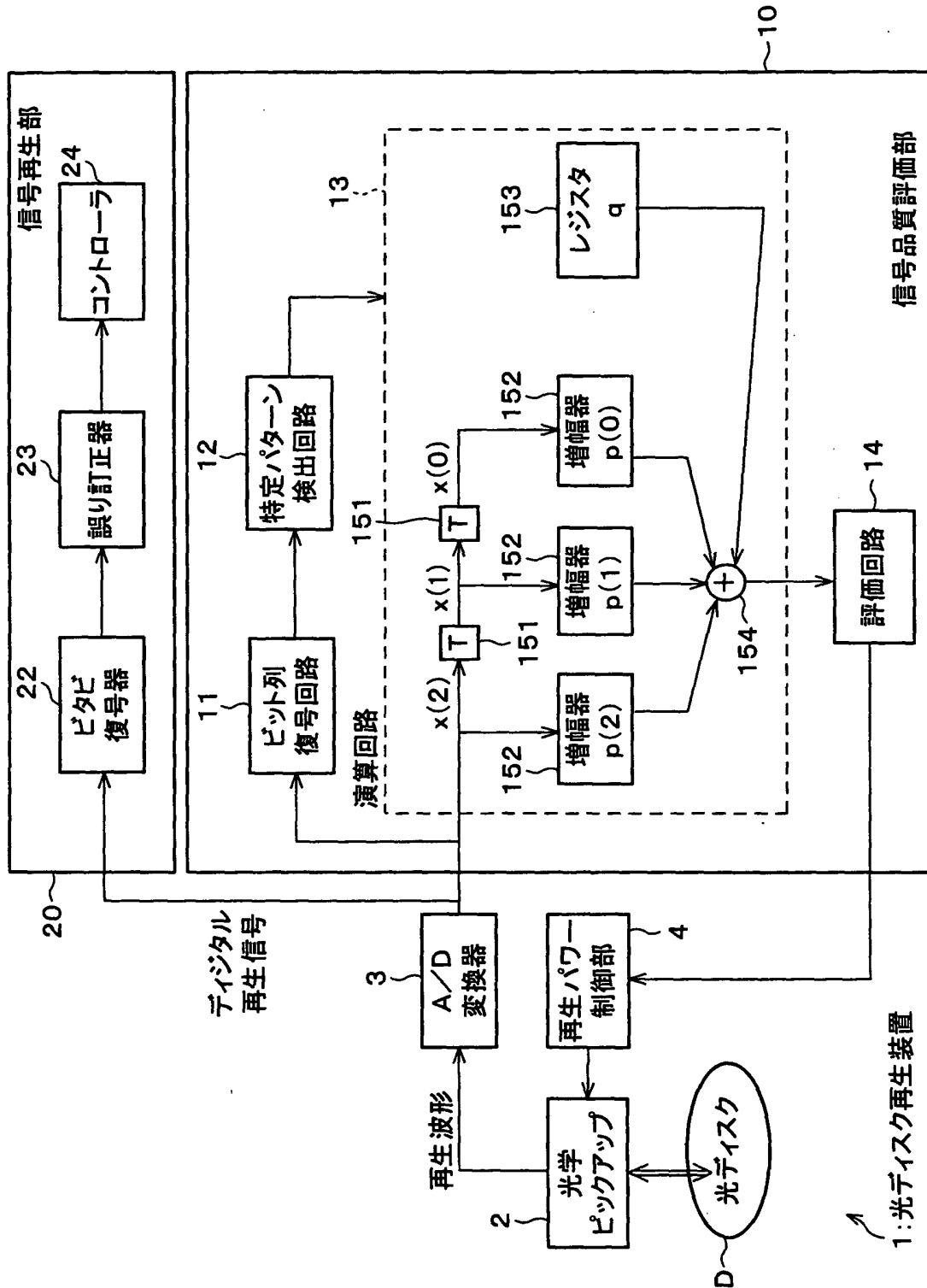
【符号の説明】

- 1 光ディスク再生装置（再生装置）

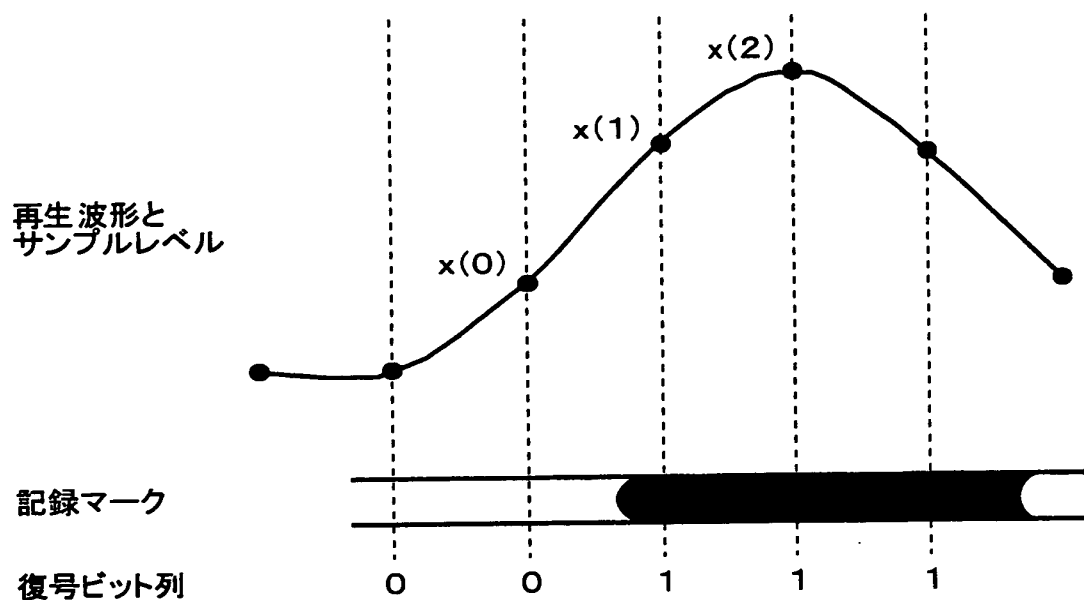
- 4 再生パワー制御部（制御手段）
- 1 0 信号品質評価部（信号品質評価装置）
- 1 1 ビット列復号回路（ビット列生成手段）
- 1 2 特定パターン検出回路（特定パターン検出手段）
- 1 3 演算回路（演算手段）
- 1 4 評価回路（評価手段）
- 2 2 ビタビ復号器（ビタビ復号手段）

【書類名】 図面

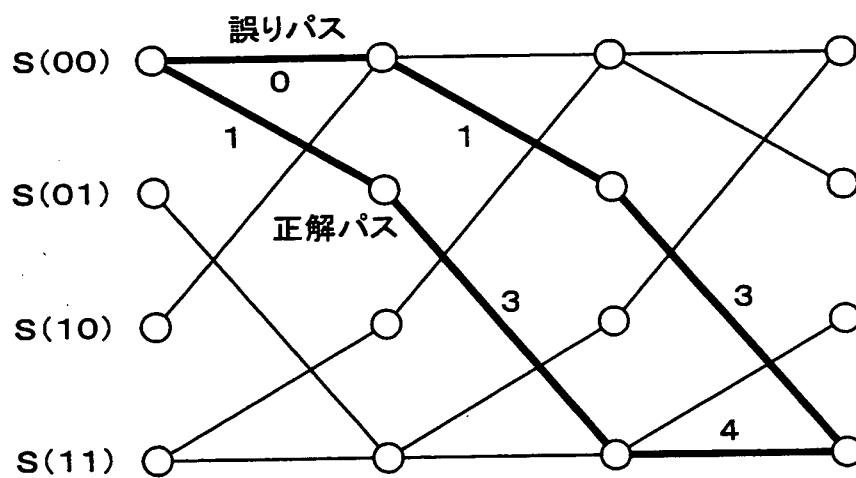
【図 1】



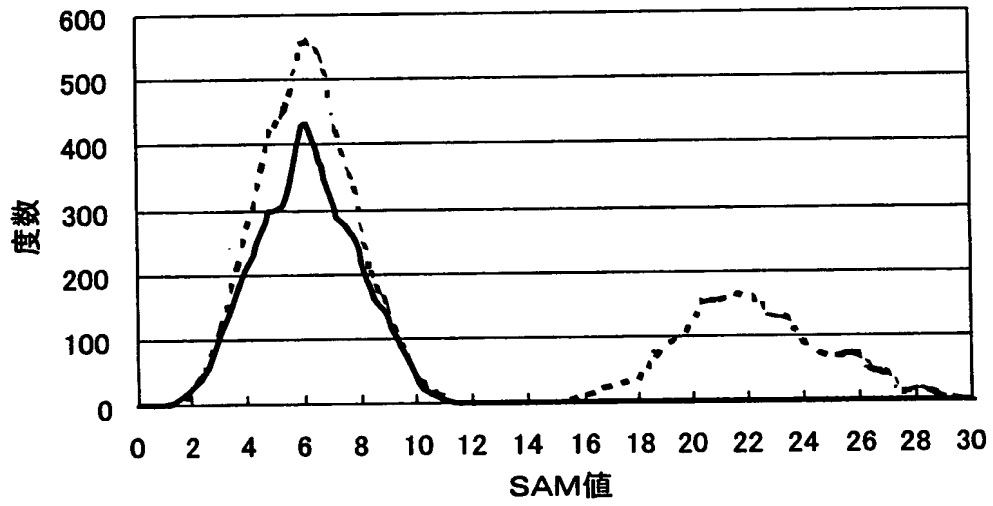
【図 2】



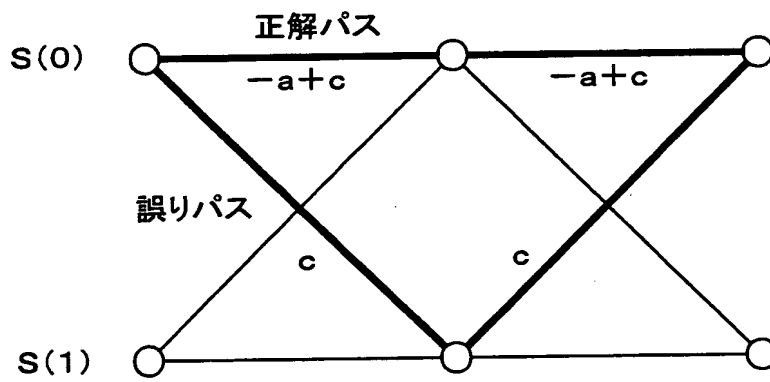
【図 3】



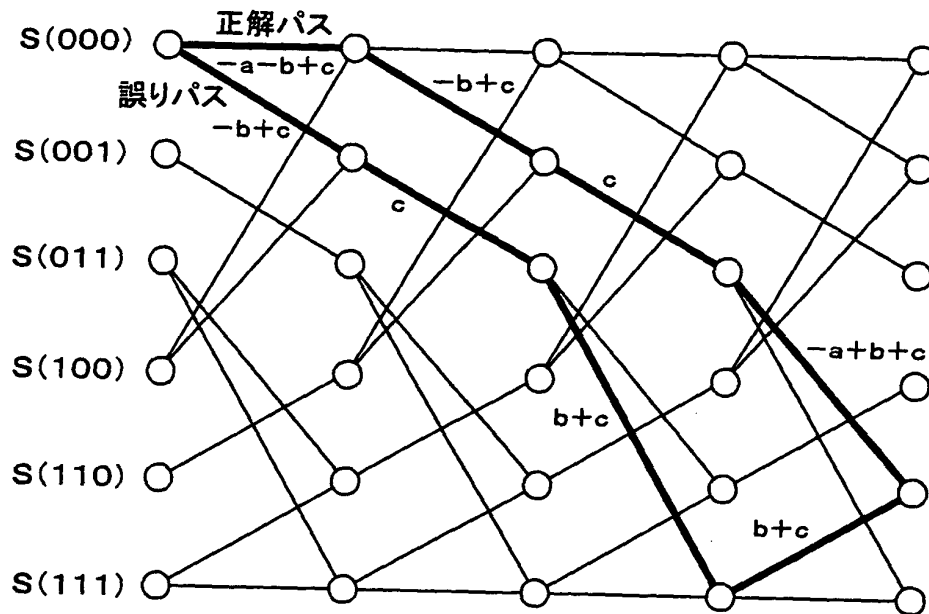
【図 4】



【図 5】



【図6】



【図7】

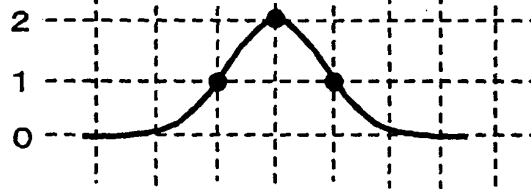
データビット列

0 0 0 1 0 0 0 0

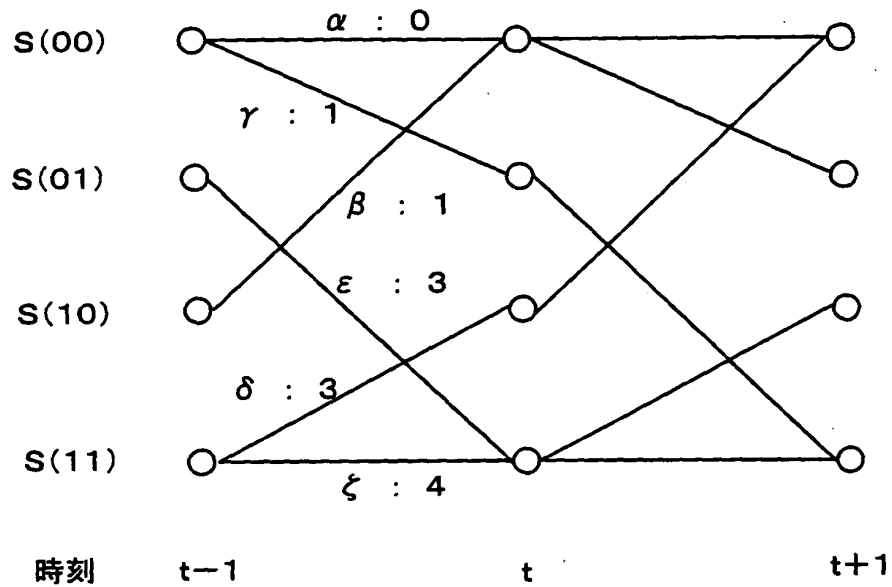
記録マーク



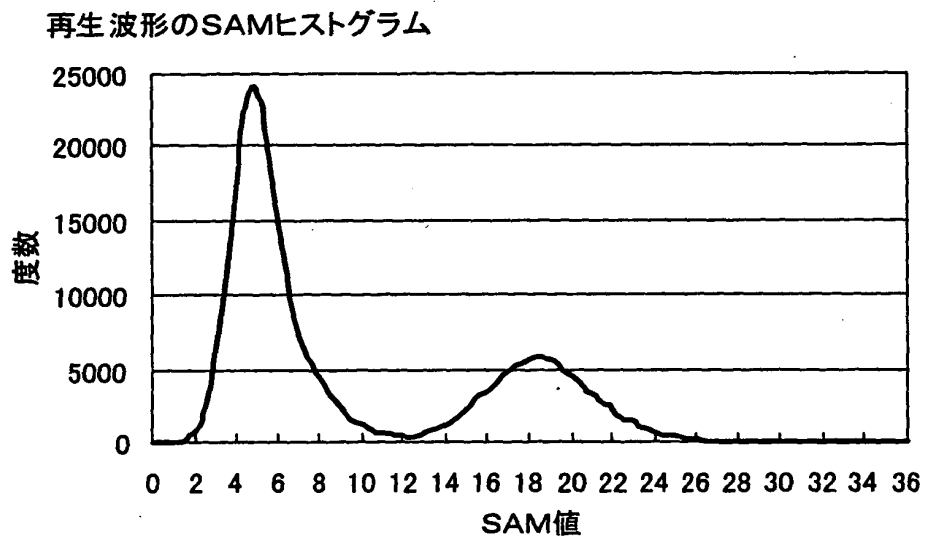
再生信号波形と
サンプルレベル



【図 8】

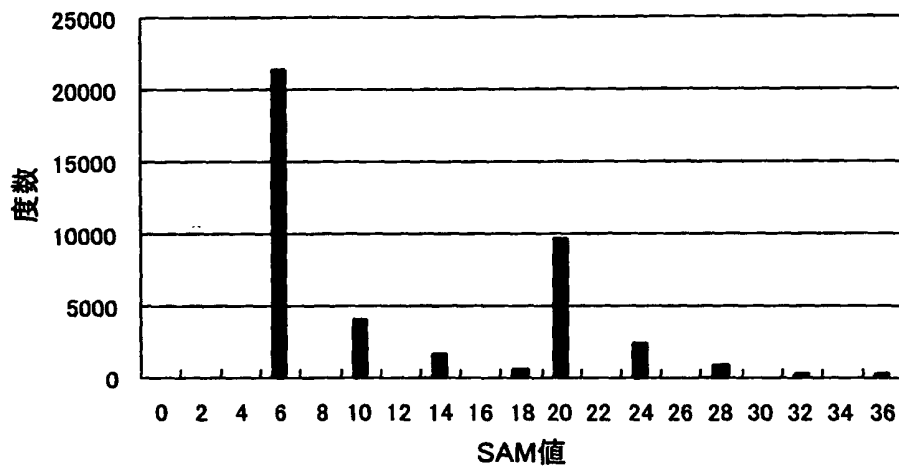


【図 9】



【図 1 0】

理想波形のSAMヒストグラム



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パスメトリック差に基づくデジタル信号の品質評価を簡単な構成によって可能とする。

【解決手段】 信号品質評価部 1 0 は、デジタル再生信号に対応するビット列から特定パターンを検出する特定パターン検出回路 1 2 と、特定パターン検出回路 1 2 によって特定パターンが検出された時、特定パターンが特定する正解パスと、正解パスとビタビ復号過程において対決する誤りパスとのパスメトリック差を、あらかじめ特定パターンごとに設定された演算式を用いて、デジタル再生信号に基づいて演算する演算回路 1 3 とを具備する。これにより、ビタビ復号回路を使うことなく、デジタル再生信号の品質を評価できる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社